



Quaternaire

Revue de l'Association française pour l'étude du
Quaternaire

vol. 18/3 | 2007
Volume 18 Numéro 3

Réorganisations hydrographiques du Minervois, exemples de la Cesse et du ruisseau du Saint- Michel (Hérault, France) au Quaternaire, conséquences géologiques

*Minervois hydrographic reorganisation, Cesse and Saint-Michel exemples
(Hérault, France): geological consequences*

Antonin Genna et Jean-Pierre Capdeville



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/1139>

DOI : 10.4000/quaternaire.1139

ISSN : 1965-0795

Éditeur

Association française pour l'étude du quaternaire

Édition imprimée

Date de publication : 1 septembre 2007

Pagination : 271-282

ISSN : 1142-2904

Référence électronique

Antonin Genna et Jean-Pierre Capdeville, « Réorganisations hydrographiques du Minervois, exemples de la Cesse et du ruisseau du Saint-Michel (Hérault, France) au Quaternaire, conséquences géologiques », *Quaternaire* [En ligne], vol. 18/3 | 2007, mis en ligne le 01 septembre 2010, consulté le 23 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/1139> ; DOI : 10.4000/quaternaire.1139

RÉORGANISATIONS HYDROGRAPHIQUES DU MINERVOIS, EXEMPLES DE LA CESTE ET DU RUISSEAU DU SAINT-MICHEL (HÉRAULT, FRANCE) AU QUATERNAIRE, CONSÉQUENCES GÉOLOGIQUES



Antonin GENNA¹ & Jean-Pierre CAPDEVILLE²

RÉSUMÉ

Le ruisseau de Saint-Michel appartient au bassin versant méditerranéen. Il ne draine actuellement que des formations d'âge cénozoïque. La découverte de galets de Paléozoïque dans sa terrasse alluviale quaternaire conservée, met en évidence la soustraction de son ancien réseau hydrographique amont. D'autres défluviations sont implicitement déduites de ce premier résultat. Ces observations nous ont conduit à reconsidérer la bibliographie régionale, à travers les divers domaines d'étude (néotectonique, géomorphologie, archéologie, karstologie). Une relecture des travaux sur les phénomènes karstiques qui affectent les petits Causses du Minervois permet de proposer une nouvelle chronologie des événements morphogénétiques, en accord avec l'évolution du réseau hydrographique. Le style et l'intensité de l'érosion durant cette période sont également discutés. Ces résultats sont en accord avec le contexte géo-tectonique actuel où l'érosion est induite par le bombement récent du versant sud de la Montagne Noire, au Nord de la dépression du Minervois.

Mots-clés : Quaternaire, défluviations, réseau hydrographique, Minervois, Ceste, Saint-Michel.

ABSTRACT

MINERVOIS HYDROGRAPHIC REORGANISATION, CESTE AND SAINT-MICHEL EXAMPLES (HERAULT, FRANCE) : GEOLOGICAL CONSEQUENCES

The Saint-Michel stream lies within the Mediterranean catchment. Although it currently drains Cenozoic only formations. The discovery of Paleozoic pebbles in its Quaternary alluvial terrace indicates a former upstream drainage. Other examples of captures are implicitly inferred from this first result. These observations led us to review the regional literature relative to several fields (neotectonics, geomorphology, archaeology, karstology). A review of the karstic phenomena affecting the Petits Causses du Minervois (Minervois karstic plateaus) has enabled us to put forward a new chronology of the morphogenetic events that is in agreement with the evolution of the drainage pattern. The style and intensity of erosion during this period is also discussed. These results are in agreement with the current geotectonic context where erosion has been brought about by recent bulging on the south side of the Montagne Noire, north of the Minervois depression.

Key-words: Quaternary, deflection, drainage pattern, Minervois, Ceste, Saint-Michel.

1 - INTRODUCTION

Les phénomènes de captures sont des marqueurs fondamentaux de l'évolution morphogénétique des paysages en domaine sédimentaire (Le Coz, 1967 ; Gottis *et al.*, 1972 ; Genna *et al.*, 1997 ; Le Roux & Harmand, 1998 ; Harmand *et al.*, 2004). Le Ruisseau de Saint-Michel appartient au bassin versant méditerranéen (fig. 1). Il s'agit d'un affluent de rive gauche de l'Ognon qui est lui-même affluent de rive gauche de l'Aude (fig. 1 et 2). Le Saint-Michel ne draine actuellement que des formations d'âge cénozoïque (Berger, 1990). La découverte de galets de Paléozoïque dans sa

terrasse alluviale quaternaire met en évidence la soustraction de son ancien réseau hydrographique amont, seule source probable pour ces éléments paléozoïques. Cette observation nous a conduit à reconsidérer la bibliographie régionale, à travers les divers domaines d'étude (néotectonique, géomorphologie, archéologie, karstologie et stratigraphie du Quaternaire). Les observations nouvelles sont réalisées sur le terrain et à partir d'imageries satellitales mises à disposition sur le site de la NASA (Landsat 1999 et 2000) et les MNT disponibles sur Internet. Les relevés du réseau hydrographique ont été obtenus à partir des cartes de l'IGN (1/25 000, 1/100 000 et 1/200 000).

¹ BRGM, REM/MESY, 3, avenue Claude-Guillemin. BP 6009, 45060 Orléans cedex 2, France. E-mail : a.genna@brgm.fr

² BRGM/SAR, Parc Technologique Europarc, 24, avenue Léonard de Vinci, 33600 Pessac, France. E-mail : jp.capdeville@brgm.fr

Le réseau hydrographique du bassin de Carcassonne (fig. 1) et la morphogenèse qui lui est associée au Plio-Quaternaire ont fait l'objet de nombreuses études. Ces travaux tiennent principalement compte de la géodynamique externe (Ambert, 1991), des paléosurfaces (Cornet, 1975, 1977), de la tectonique (Gèze, 1951 ; Ellenberger & Houlez, 1964 ; Le Coz, 1967 ; Ellenberger & Gottis, 1967 ; Vogt & Godefroy, 1981 ; Genna *et al.*, 1997 ; Larue, 2001) de l'archéologie (Barral & Simone, 1972) et de la karstologie (Galant & Holvoet, 2001).

2 - CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Le secteur étudié (fig. 1) se situe au sud immédiat de la ligne de partage des eaux qui sépare le bassin versant atlantique du bassin versant méditerranéen. Le réseau hydrographique analysé a ses sources principales sur le versant sud de la Montagne Noire. Il draine en aval les formations cénozoïques du bassin de Carcassonne (fig. 3). Au-dessus d'un substratum hercynien constitué

principalement de schistes et de calcaires dolomitiques (Berger, 1990), la série sédimentaire cénozoïque transgressive débute par une importante assise de Calcaires à alvéolines de 70 mètres de puissance en moyenne. Ce calcaire constitue les Petits Causses du Minervois qui frangent en grande partie la bordure méridionale de la Montagne Noire. Au-dessus de cette formation marine, se sont déposées les molasses pyrénéennes de Carcassonne, par l'intermédiaire d'une couche de marnes laguno-marines. Ce niveau tendre à l'érosion influence fortement les paysages sur lesquels s'est développée la culture de la vigne. La série continentale est constituée de deux formations principales fluviatiles et de deux assises de calcaires lacustres. Les calcaires lacustres de Ventenac (Éocène inférieur) sont représentés par deux assises principales séparées par un important joint d'argiles marneuses. Au-dessus, les grès fluviatiles d'Assignan (Éocène moyen) sont constitués par une alternance de grès et d'argiles de plaine d'inondation. Les calcaires d'Agel (Éocène moyen) forment généralement une seule assise d'une centaine de mètres d'épaisseur. Les grès d'Aigne (Bartonien) constituent

Fig. 1 : a) Localisation générale de l'étude. M.C. : Massif Central, Pyr. : Pyrénées. b) Esquisse hydrographique et géologique du bassin de Carcassonne et de la Montagne Noire d'après les cartes IGN à 1/200 000, et les cartes géologiques du BRGM (1/50 000). M : étang asséché de Marseillette, S.M. : Saint-Michel, C. : Cesse.

Fig. 1: a) General location of the study area. M.C.: Massif Central, Pyr.: Pyrenees. b) Drainage pattern of the Carcassonne Basin and Montagne Noire determined from IGN maps at 1:200,000 scale and from BRGM geological maps. M: Marseillette dried-up lake, S.M.: Saint-Michel, C.: Cesse.

le sommet de la formation molassique marquée par une nouvelle alternance de grès fluviatiles et d'argiles de plaine d'inondation. Divers niveaux de gypse s'intercalent dans les argiles et des lignites forment quelques assises décimétriques à métriques dans les calcaires lacustres.

3 - LE RUISSEAU DE SAINT-MICHEL

Le Ruisseau de Saint-Michel (fig. 2 et 4) (Berger, 1990) constitue la partie amont de l'Espène qui passe à Olonzac (carte IGN 1/25 000, N° 2445 ouest). La rivière est constituée de 4 parties fondamentalement différentes :

- (i) La première se situe en amont de la source de Laval (voir fig. 7). Cette source est l'exutoire principal du karst ouvert dans les Calcaires à alvéolines de l'Ilerdien (fig. 5), au contact de la couverture molassique. Il s'agit d'une arborescence de vallées sèches adaptées aux diaclases du causse de Siran et à un réseau de failles normales post-pyrénéennes (fig. 6) ;
- (ii) En aval de sa source, le Saint-Michel s'engage dans le canyon de Fontbertière (fig. 7) ouvert dans les molasses pyrénéennes, jusqu'à son débouché dans la plaine du Minervois ;
- (iii) Là débute un réseau de méandres abandonnés qui séparent des reliefs longilignes et arrondis ;

(iiii) La partie la plus basse de son cours se situe dans la plaine d'Olonzac (fig. 5) où la sédimentation actuelle est importante. Cette dépression est drainée par une série de canaux artificiels qui modèrent l'effet des inondations de la Plaine de Cadirac. Ces aménagements, reportent en aval les eaux qui étaient initialement stockées dans la plaine de Cadirac au cours des inondations anciennes.

3.1 - LES TERRASSES DU QUATERNAIRE MOYEN DU SAINT-MICHEL

Considérées d'âge pléistocène moyen (Riss ancien) (Berger, 1990) les terrasses du Saint-Michel (fig. 5) se rencontrent dès la sortie du canyon de Fontbertière. Elles sont contemporaines de la grande terrasse de Pépieux, longée au Nord par l'Ognon et de la terrasse de Sérane qui jalonne un ancien cours supposé de l'Aude (fig. 1 et 5).

On peut observer divers lambeaux alluvionnaires résiduels de la terrasse du Saint-Michel sur les petits reliefs de la plaine du Minervois (Berger, 1990). Une lanière plus étendue se prolonge au sud, en rive droite, jusqu'aux terrasses de l'Ognon, considérées de même âge. La jonction des deux dispositifs s'effectue au niveau du village de Pépieux. Il est à supposer que ce dispositif alluvionnaire se prolongeait, avant érosion, plus à l'Est dans les plaines de Cadirac et d'Olonzac. Sur les lambeaux de terrasses de rive gauche, de rares

Fig. 2 : Réseau hydrographique des affluents de rive gauche de l'Aude dans le Minervois (J : étang de Jouarres).

Fig. 2: Drainage pattern of the Aude's left-bank tributaries in Minervois (J: Jouarres lake).

Fig. 3 : Log litho-stratigraphique de la zone étudiée (d'après Genna, 1989 modifié).

Fig. 3: Litho-stratigraphic log of the studied area (after Genna, 1989 modified).

éléments de quartzites et de schistes peuvent paraître d'origine anthropique. Toutefois, la composition de la terrasse en rive droite, à l'Est de Siran, en démontre la véritable origine. L'ensemble de cette terrasse présente majoritairement des éléments de molasse pyrénéenne (Lutétien et Bartonien) et de Calcaires à alvéolines (Ilerdien inférieur et moyen).

Sur les 1000 premiers mètres de cette terrasse, au sud, entre Siran à Cesseras, on peut observer différents cortèges, au sein de la même terrasse, composant ces dépôts quaternaires. Deux sources principales caractérisent cette terrasse, il s'agit de deux lithofaciès qui peuvent être juxtaposés au sein d'une même unité alluviale :

- Le premier cortège est constitué d'éléments empruntés à la molasse continentale pyrénéenne. Il contient environ 90 % de grès bartoniens et de calcaires lacustres à limnées et planorbes. Les éléments sont peu roulés, encore très anguleux. Dans leur grande dimension ils peuvent atteindre 30 centimètres. La matrice argilo-marneuse constitue plus de 50 % du dépôt.
- Le deuxième cortège comporte 80 % d'éléments issus des Calcaires à alvéolines ainsi que de rares éléments de

molasse pyrénéenne. Des éléments de Paléozoïque (galets de quartzite, schistes, marbres et quartz filonien) s'intègrent à cette formation alluviale. Il est intéressant de noter que la taille des éléments de Paléozoïque est identique à celle des éléments de Calcaires à alvéolines. Ainsi, dans les zones où les éléments de calcaires sont les plus volumineux (20 centimètres environ de grand axe) les éléments de quartzite et de schistes possèdent également cette taille maximale. Cette observation plaide pour une distance de transport voisine pour ces deux types d'éléments et indique une zone particulière de l'arrière-pays, celle où les Calcaires à alvéolines recouvrent le socle.

3.2 - ÉVIDENCES DE CAPTURE

Nous excluons pour les éléments paléozoïques de grande taille (plus de 5 centimètres de diamètre) associés aux Calcaires à alvéolines de la terrasse du Saint-Michel une origine bartonienne car la molasse de Carcassonne ne présente pas d'éléments hercyniens pouvant atteindre de telles tailles. Ces éléments paléozoïques ne présentent jamais d'encroûtements de grès pyrénéens, preuve qu'ils viennent directement du substratum paléozoïque de La Montagne Noire. Nous

excluons également une pollution par des éléments venant de l'Ognon car la terrasse de l'Ognon est éloignée et présente des éléments paléozoïques hétérométriques, de tailles généralement très inférieures aux éléments paléozoïques de la terrasse du Saint-Michel.

En amont, le bassin versant du Saint-Michel a ses sources actuellement au Sud des corniches des Calcaires à alvéolines de l'Ilerdien (fig. 2 et 5), en position adjacente à celui de la Cesse.

Ces observations nous permettent de conclure que la partie amont du bassin versant du Saint-Michel, celle qui drainait les formations paléozoïques, a été capturée par la Cesse pendant ou après le Pléistocène moyen (fig. 4).

Le Saint-Michel actuel ne transporte plus d'éléments de Paléozoïque de taille supérieure à 5 centimètres, puisqu'il ne draine plus le socle (Berger, 1990). De plus, il ne transporte pas de gros éléments de Calcaires à alvéolines, tels qu'ils peuvent être observés sur sa terrasse du Riss ancien (Berger, 1990). Ce type de transport, à gros éléments de calcaire, se rapproche du régime de la Cesse actuelle dans sa moyenne vallée, au débouché des canyons du Haut Minervois. Ces constatations soulignent la difficulté pour le Saint-Michel à développer son réseau hydrographique en amont de la source de Laval. L'immunité karstique (Cornet, 1975) peut expliquer la résistance des Calcaires à alvéolines. Le Saint-Michel s'est contenté d'assurer la mise à nu du causse, comme la Cesse a assuré le déblaiement de

la couverture du Causse de Minerve par ses affluents de rive gauche.

La photo aérienne (fig. 6) met en évidence le contact brutal entre les réseaux hydrographiques de la Cesse et du Saint Michel dans la zone de la capture. On constate que les ruisseaux de rive droite de la Cesse, développent de violentes niches érosionnelles dont la concavité témoigne de la progression rapide du réseau hydrographique de la Cesse sur celui du Saint-Michel.

4 - LES ÉVIDENCES DE CAPTURES EN RIVE GAUCHE DE L'AUDE

La figure 2 est une carte des affluents de rive gauche de l'Aude en Minervois, réalisée à partir de la carte de l'IGN à 1/100 000 (Béziers Montpellier, N° 65). La partie nord-est de cette zone est occupée par la Cesse. Son cours, de direction NW-SE, présente un affluent de rive gauche, au droit de la source actuelle du Saint-Michel : le ruisseau de Valette. Il semble dès lors que ce ruisseau occupe l'ancien cours supérieur du Saint-Michel, avant sa capture par la Cesse. Dans cette même optique, la partie supérieure de la Cesse, de direction NE-SW, devait appartenir à l'Ognon avant la défluviation du cours supérieur du Saint-Michel. Ainsi, durant le Pléistocène supérieur, deux captures successives pourraient être attribuées à la Cesse. L'intensité verticale de l'érosion au cours de cette période, attestée par les fouilles archéologiques de la Grotte d'Aldène (Barral & Simone, 1972) est compatible avec ces conclusions. Elles mettent en évidence un enfoncement du cours de la Cesse de 50 à 70 mètres, au droit de la grotte, postérieur au « Riss ».

Ces conclusions permettent de s'interroger sur la possibilité de captures plus anciennes, plus en aval sur la Cesse, à l'Est de la capture du Saint-Michel. Le Brian (fig. 2), qui appartient aujourd'hui au réseau hydrographique de la Cesse a-t-il pu être capturé par cette dernière comme elle a capturé le Saint-Michel et l'Ognon ? L'analyse de la dynamique de découverte du karst apporte une réponse positive à cette question.

5 - LE DÉBLAIEMENT DE LA COUVERTURE DU KARST

La figure 5 montre le réseau hydrographique de la zone d'étude et la répartition des formations géologiques. Trois zones différentes peuvent être considérées dans l'expression géométrique du réseau hydrographique. Dans les formations paléozoïques (zone des sources) le réseau est très multidirectionnel. Dans les calcaires karstifiés des causses, les trajectoires sont adaptées aux diaclases et suivent le sens de la plus grande pente régionale. Le réseau dessine des arborescences dont les points nodaux se situent au contact calcaires-couverture. Dans la couverture du karst, le réseau, globalement d'orientation NW-SE est encaissé en contrebas des terrasses quaternaires.

Fig. 4 : Evolution morphologique de la vallée du Saint-Michel du Quaternaire à l'Actuel.

1 : Paléozoïque ; 2 : Calcaires à alvéolines de l'Ilerdien ; 3 : molasse pyrénéenne ; 4 : alluvions du Quaternaire moyen du Saint-Michel.
 Fig. 4: Quaternary to Actuel Saint-Michel valley morphological evolution.
 1: Paleozoic; 2: Ilerdian alveolinid limestone; 3: Pyrenean molasses; 4: Middle Quaternary alluvium of the Saint-Michel.

En ce qui concerne l'Ognon et le Saint-Michel, le contact cartographique karst-couverture est marqué par des branches N-80 qui servent de collecteurs aux rivières qui assurent la mise à nu finale du karst. Ces rivières ne suivent pas le sens de la plus grande pente régionale et sont parallèles au front de cuesta de la couverture. Ce phénomène est particulièrement visible sur le Saint-Michel, au niveau de la source de Laval et en rive gauche de l'Ognon sur ce même contact karst-couverture (fig. 5) souligné par la rivière Fond de Causse.

Ce phénomène est également visible, à une autre échelle (fig. 5) sur l'orientation de la Cesse dont le cours dit « en balcon » est orienté E-W en amont et en aval de Minerve, avec un profil en baïonnette et des tronçons N-80.

Nous interprétons cette géométrie comme un phénomène de migration des rivières (fig. 9) induit par une succession de captures élémentaires. Ces captures sont réalisées par les rivières les plus puissantes aux dépens des cours d'eau mineurs. Ce phénomène de

déplacement latéral induit la formation d'un réseau hydrographique dissymétrique où les affluents proviennent tous de la même rive. On passe progressivement du réseau hydrographique de la couverture du karst, adapté à une paléosurface, à l'image d'un réseau adapté à la fracturation des calcaires (fig. 10). Le déblaiement de la couverture s'effectue par le développement d'un nouveau réseau hydrographique, déterminé à partir d'un nouveau niveau de base local. Un phénomène de migration assure la progression latérale de ce réseau. Il est bien visible en rive gauche de l'Ognon (fig. 8). L'érosion n'œuvre plus uniquement verticalement mais développe une composante latérale forte à cause de l'immunité karstique des calcaires, à partir du nouveau niveau de base défini par le pertuis ouvert dans la couverture.

Cette vision nouvelle de l'hydrographie minervoise permet une réinterprétation des relations qui existent entre le karst des Petits Causses du Minervois et l'hydrologie souterraine de cette région.

Fig. 5 : Carte géologique simplifiée du secteur d'étude.

1 : Paléozoïque ; 2 : Calcaires à alvéolines de l'Ilerdien (karst, Petits Causses du Minervois) ; 3 : molasse éocène du bassin de Carcassonne ; 4 : terrasses quaternaires ; 5 : alluvions récentes ; 6 : ligne de partage des eaux ; 7 : Ponts naturels de Minerve ; 8 : sens de progression des lignes de captures. S.M. : Saint-Michel ; C : coupe de la figure 7.

Fig. 5: Simplified geological map of the study area.

1: Paleozoic; 2: Ilerdian alveolinid limestone (karst, Petits Causses du Minervois); 3: Eocene molasse of the Carcassonne Basin; 4: Quaternary terraces; 5: recent alluvium; 6: watershed; 7: natural bridges at Minerve; 8: direction of headward capture. S.M.: Saint-Michel; C: section of figure 6.

6 - LE KARST DE MINERVE

Les Calcaires à alvéolines de l'Ilerdien (Alabouvette, 1982 ; Berger, 1990 ; Berger *et al.*, 1990) qui constituent le Causse de Minerve (Petits Causses du Minervois) sont affectés par une karstification d'âge inconnu mais probablement « Sidérolithique » (Ambert *et al.*, 1977). Son expression majeure est le développement d'un réseau de diaclases de direction N 150 et d'un réseau de grottes (fig. 10). Nous limiterons nos commentaires sur quatre réseaux principaux : la grotte des Poteries, le réseau d'Aldène, les grottes de la Vieille Minerve (fig. 10) et les ponts naturels de Minerve (fig. 5). Il s'agit d'un karst dont la phase majeure d'altération s'est produite sous couverture. Les « Petits Causses du Minervois » ne présentent pas de dolines. La majeure partie des grottes constituant le réseau d'Aldène et des Poteries est encore sous couverture. Les principales cavités sont la grotte d'Aldène (ou de Fauzan, ou de la Coquille) et la grotte des Poteries. Avec les ponts naturels de Minerve (Ambert, 1976), elles ont fait l'objet d'une abondante littérature qui en caractérise le remplissage sédimentaire (Ambert *et al.*, 1977) et l'occupation préhistorique, animale ou humaine (Barral & Simone, 1972).

6.1 - LA GROTTES DES POTERIES

Située sur la commune de Cesseras, elle a fait l'objet d'une étude stratigraphique (Ambert *et al.*, 1977) qui met en évidence ses similitudes avec la Grotte d'Aldène (Barral & Simone, 1972). Les relevés stratigraphiques ont été élaborés à partir des sondages anciennement réalisés pour des recherches de phosphates. Son remplissage (Ambert *et al.*, 1977) est constitué de trois entités principales. A la base, un sable est

considéré comme pouvant dater du Sidérolithique. Au-dessus, un conglomérat d'âge indéterminé, à éléments décimétriques est majoritairement constitué de galets de Paléozoïque. Au-dessus, divers sédiments et planchers stalagmitiques caractérisent les temps quaternaires et les différents habitats préhistoriques ainsi que la présence d'ursidés.

6.2 - LA GROTTES D'ALDÈNE

Baptisée également Grotte de la Coquille ou Grotte de Fauzan, elle se situe aussi sur la commune de Cesseras. Sa grande taille en a fait un lieu d'habitat préhistorique privilégié. Elle a fait l'objet d'une exploitation de phosphates au siècle dernier. Son remplissage sédimentaire (Ambert *et al.*, 1977), analysé près de l'entrée, est comparable à celui de la grotte des Poteries (Barral & Simone, 1972 ; Galant & Holvoet, 2001).

6.3 - LE RÉSEAU KARSTIQUE DE LA VIEILLE MINERVE

Situé en rive gauche de la Cesse (fig. 10), il appartient à la commune de Minerve. Il fait face à l'entrée de la grotte d'Aldène et en constituait le prolongement, avant l'ouverture du canyon de la Cesse. Confondu sur les abrupts avec les formes aériennes du canyon, son importance est mise en évidence par ses cavités de sections décamétriques qui sont encore remplies d'un conglomérat à éléments paléozoïques, identique à celui de l'Aldène et de la Grotte des Poteries. Ces cavités, orientées NE-SW ne sont pénétrables que sur quelques dizaines de mètres et sont entièrement colmatées par un conglomérat bien lithifié. Dépourvu de couverture sédimentaire, ce réseau karstique possède de

Fig. 7 : Coupe géologique parallèle au réseau hydrographique du Saint-Michel (voir localisation figure 5).

1 : Paléozoïque ; 2 : Calcaires à alvéolines (Ilerdien) ; 3 : marnes à huîtres ; 4 : calcaires lacustres de Ventenac ; 5 : grès et marnes d'Assignan ; 6 : calcaires lacustres d'Agel ; 7 : grès et marnes d'Aigne. Flèches : mouvements anciens de failles principales.

Fig. 7: Geological section parallel to the Saint-Michel drainage network (see Figure 5 for location).

1: Paleozoic; 2: alveolinid limestone (Ilerdian); 3: oyster marl; 4: Ventenac lacustrine limestone; 5: Assignan sandstone and marl; 6: Agel lacustrine limestone; 7: Aigne sandstone and marl. Arrows: ancient fault movements.

Fig. 8 : Photo aérienne, mise en évidence des phénomènes de reptation (progradation latérale) sur les affluents de rive gauche de l'Ognon (Autorisation n° 42-2006-019 de l'IGN).

Fig. 8: Aerial photo revealing creep (lateral progression) on the left-bank tributaries of the Ognon.

nombreuses ouvertures verticales (avens) sur le plateau calcaire. Malgré les divers sondages dont ont fait l'objet ces cavités, il n'existe, à notre connaissance, pas de publications concernant les remplissages sédimentaires.

6.4 - LES PONTS NATURELS DE MINERVE

Le cours de la Cesse emprunte en amont de Minerve deux conduits souterrains (Ambert, 1976) qui sont le Petit Pont Naturel en amont et le Grand Pont en aval. Ces cavités recoupent deux méandres abandonnés. En ce lieu, la Cesse coule sur le substratum paléozoïque. Un affleurement de schistes, en amont immédiat du Petit Pont en témoigne. En amont du Petit Pont Naturel, un conduit karstique parallèle à la rivière constituait probablement le prolongement ouest de ce système de pertes de la Cesse.

6.5 - CONCLUSIONS SUR LES KARSTS

Des relevés topographiques amateurs réalisés depuis les années 60 et de nouveaux relevés (Galant & Holvoet, 2001) permettent d'avoir aujourd'hui une vision complète de la partie accessible du réseau d'Aldène et de la Grotte des Poteries (fig. 10). Le sens d'écoulement dans les cavités, déterminé par la pente générale du réseau et l'observation des niveaux à galets de Paléozoïque, indiquent un flux vers le S-SW dans la grotte d'Aldène et vers le Sud dans la grotte des Poteries (fig. 11).

Nous concluons de cette configuration que le remplissage de galets observé dans les trois réseaux, Poterie, Aldène et Vieille Minerve n'a pas été effectué par la Cesse, comme proposé par Ambert (Ambert *et al.*, 1977) mais qu'il est plus ancien. Selon nous, il s'est effectué du N-E vers le S-W, à partir d'un réseau

Fig. 9 : Bloc diagramme synthétique et interprétatif du phénomène de déblaiement de la couverture du karst minervois par l'évolution du réseau hydrographique.

Fig. 9: Schematic and interpretative block diagram showing how the Minervois karst is being stripped by the evolving drainage network.

hydrographique qui appartenait au réseau du Saint-Michel, aujourd'hui capturé. L'effet de l'arrivée de la Cesse dans ce karst ancien a, selon nous, induit une vidange du karst en grande partie occupé par les galets. Ainsi, les cavités de la Vieille Minerve, toujours entièrement obstruées par les galets du socle paléozoïque, constituent un fossile de ce premier karst. Les cavités de rive droite de la Cesse, en aval pendage, ont été partiellement vidées de leur contenu ou n'ont jamais été entièrement obstruées par les galets.

Le creusement du canyon de la Cesse a provoqué un simple assèchement de ce réseau ancien. Lorsque la Cesse a dépassé en profondeur l'épaisseur des Calcaires à alvéolines, le remplissage quaternaire de la cavité a pu débuter, par le concrétionnement des planchers stalagmitiques et les niveaux anthropiques qui ont permis le calage stratigraphique précis (Barral & Simone, 1972).

En conclusion de cette analyse, nous proposons que la karstification initiale, à l'origine du creusement des cavités, jusqu'au dépôt des niveaux à galets de

Paléozoïque s'est effectuée par l'intermédiaire d'un réseau hydrographique appartenant au réseau du Saint-Michel. Les couches de remplissage karstique postérieures au niveau à galets se sont déposées après la capture de ce réseau par la Cesse. Il faut noter que l'exutoire principal de l'aquifère du Calcaires à alvéolines est la source de Laval qui se situe précisément sur le Saint-Michel (fig. 4 et 7).

Ces conclusions portent un regard nouveau sur les discussions concernant les pertes de la Cesse. En effet les réseaux d'Aldène et des Poteries sont considérés (Galant & Holvoet, 2001) comme représentant le réseau de pertes initial de cette dernière. Les pertes actuelles, localisées dans les terrains paléozoïques, correspondraient à un simple approfondissement de celui-ci. Nous considérons, suite aux présents travaux, que, parmi les réseaux de cavités actuellement connues en amont de Minerve, seuls les ponts naturels de Minerve correspondent au réseau de pertes de la Cesse, rattrapées par le creusement du canyon.

Fig. 10 : Contexte géologique du karst minervois autour de la grotte d'Aldène.

1 : Paléozoïque ; 2 : Calcaires à alvéolines (Ilerdien) karstifié avec traces des diaclases ; 3 : marnes laguno-marines (Ilerdien) ; 4 : molasse continentale de Carcassonne (Cuisien à Bartonien) ; 5 : ligne de partage des eaux entre Cesse et Saint-Michel ; 6 : réseau karstique d'Aldène (réseau principal) et grottes des Poteries et de la Vieille Minerve. E : entrée de la Grotte d'Aldène.

Fig. 10: Geology of the Minervois karst around the Aldène Cave.

1: Paleozoic; 2: karstified alveolinid limestone (Ilerdian) showing joint traces; 3: lagoonal-marine marl (Ilerdian); 4: Carcassonne continental molasse (Cuisian to Bartonian); 5: watershed between the Cesse and the Saint-Michel; 6: Aldène karst pattern (main network) and the Poteries and Vieille Minerve caves. E: entrance to the Aldène Cave.

7 - LA CESSE

A la lumière des mécanismes d'érosion et de karstification qui président à la morphogenèse du Haut Minervois au Quaternaire, l'évolution du réseau hydrographique de la Cesse peut être nouvellement décrite. L'absence d'affluent de rive droite dans sa traversée des Petits Causses minervois et dans la molasse de Carcassonne peut être interprétée comme une conséquence des captures successives qu'elle a réalisées aux dépens des cours d'eau antérieurs. Ces rivières descendaient de la Montagne Noire sur une surface correspondant à des lignes de plus grande pente plus proches de la plus grande pente régionale. Dans la molasse de Carcassonne, en aval de Minerve, des embryons d'affluents en rive droite montrent l'ancienneté relative du phénomène. En revanche, plus en amont, jusqu'au Causse de Siran, l'absence totale d'affluents montre l'aspect récent du phénomène. La présence de lambeaux de couverture au niveau de Minerve (fig. 5) dont la taille se réduit vers l'ouest met en évidence les différentes étapes de l'évolution géomorphologique, comme proposé sur notre modèle de la figure 9. Sur ce schéma de principe, le cours d'eau principal peut être la Cesse, l'Ognon, le Saint-Michel, ou tout autre cours d'eau important qui assure le déblaiement de la couverture du karst des Petits Causses du Minervois.

Fig. 11 : Interprétation de la figure 10, reconstitution de l'écoulement dans le réseau karstique de Fauzan.

1 : Paléozoïque ; 2 : Calcaires à alvéolines (Ilerdien) karstifié ; 3 : couverture tertiaire du karst ; 4 : faille de Fauzan ; 5 : ligne de partage des eaux entre Saint-Michel et Cesse ; 6 : projection en surface du réseau karstique ; 7 : sens d'écoulement de l'eau du dispositif karstique.

Fig. 11: Interpretation of Figure 10 reconstructing the flow in the Fauzan karst network. 1: Paleozoic; 2: karstified alveolinid limestone (Ilerdian); 3: Tertiary cover of the karst; 4: Fauzan fault; 5: watershed between the Saint-Michel and the Cesse; 6: surface projection of the karst network; 7: flow direction of the water in the karst structure.

8 - DISCUSSION

C'est probablement à partir de la capture de la Cesse par un affluent de rive gauche de l'Aude (Le Coz, 1967) que ce processus de défluviations en cascades a pu s'activer, favorisé par un niveau de base nouveau. Cela montre qu'il existait déjà un déséquilibre important dans le réseau hydrographique, causé par le bombement progressif de la Montagne Noire. La néotectonique (Vogt & Godefroy, 1981) accentue la pente des cours d'eau, dans la partie amont du réseau. Cette notion, exprimée par le terme « gauchissement » était déjà avancée par Gèze (1951) par l'étude des restes paléontologiques et préhistoriques des grottes de la Cesse.

A une échelle plus régionale il est possible de prévoir des conséquences importantes sur la compréhension morpho-structurale de cette partie du Languedoc. Cette nouvelle vision du phénomène de mise à nu du karst à l'échelle régionale, associée aux phénomènes de défluviations connus, pourra être appliquée à la rive droite de l'Aude (Berger, 1985) où les discussions concernant l'hydrographie sont anciennes (Ellenberger & Gottis, 1967) et nécessitent d'être réinterprétées en fonction des événements bathymétriques de la Méditerranée. Il s'agit plus essentiellement des événements miocènes avec l'assèchement messinien en particulier (Berné *et*

al., 1997 ; Séranne *et al.*, 2002), des fluctuations quaternaires et de la néotectonique (Lenôtre *et al.*, 1997 ; Philip, 1983).

9 - CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La capture de la vallée supérieure du Saint-Michel par la Cesse est démontrée par la présence d'éléments de Paléozoïque dans sa moyenne terrasse. Elle montre que le réseau hydrographique du Haut Minervois évolue par recul des sources important et par un encaissement du réseau préexistant. Cette conclusion a permis une reconsidération de l'évolution des phénomènes karstiques dans les Calcaires à alvéolines des Petits Causses du Minervois et la proposition d'un modèle concernant le déblaiement de la couverture du karst par érosion régressive (migration des cours d'eau) et captures successives.

On peut ainsi considérer que les grottes d'Aldène, des Poteries et de la Vieille Minerve représentent une partie des réseaux karstiques mis en place avant les captures successives effectuées au profit de la Cesse. En revanche, le réseau parallèle à cette rivière, dont les ponts naturels de Minerve sont les plus spectaculaires représentants, est constitué de conduits récents qui ont précédé de peu le creusement du canyon de la Cesse.

Cet événement s'intègre dans un phénomène régional plus important qui est celui de la progression du réseau hydrographique tributaire de la Méditerranée sur le réseau tributaire de l'Atlantique, ce qui induit une hiérarchisation des cours d'eau. Dans sa progression vers le nord, le réseau hydrographique méditerranéen augmente la surface de son bassin versant, ce qui implique une réorganisation du réseau collecteur. Cette réorganisation s'exprime par la création de cours d'eau plus importants, au détriment des petites rivières initiales. La succession lithologique régionale préside à cette sélection et détermine la localisation des nouveaux niveaux de base locaux et des drains majeurs. L'immunité karstique des Calcaires à alvéolines se présente ainsi comme un des facteurs majeurs de l'évolution des paysages. L'allongement du tracé de la Cesse vers le NW est également une composante principale de la progression vers le Nord de la ligne de partage des eaux, entre Méditerranée et Atlantique.

REMERCIEMENTS

Les extraits de photos aériennes (fig. 6 et 8) ont fait l'objet de l'autorisation n° 42-2006-019 de l'IGN. Contribution BRGM n° 04373. Nous remercions Dominique Harmand et Michel Dubar pour leur critique constructive du manuscrit.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALABOUVETTE B., 1982** - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Béziers (1039). Notice explicative par G. Berger, P. Freytet, Cl. Guernet & B. Peybernès, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 40 p.
- AMBERT P., 1976** - Les ponts naturels de Minerve (Hérault). Etude géomorphologique, *Méditerranée*, **2**, 43-53.
- AMBERT P., 1991** - L'évolution géomorphologique du Languedoc Central (Grands Causses méridionaux, piémont languedocien) depuis le Néogène. Thèse d'Etat Lettres, Université Aix-Marseille II, 2 vol., 294 p.
- AMBERT P., AMBERT M., & MAURIN G., 1977** - L'évolution du remplissage de la grotte des Poteries (Cesseras-Hérault). *Spélunca*, 125-127.
- BARRAL L., & SIMONE S., 1972** - Le Mindel-Riss et le Riss de la Grotte d'Aldène (Cesseras-Hérault). *Bulletin du Musée d'anthropologie préhistorique de Monaco*, **18**, 45-68.
- BERGER G.M., 1985** - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Capendu (1060). Notice explicative par F. Ellenberger, P. Freytet, J.C. Plaziat, G. Bessière, P. Viallard, G.M. Berger & J.P. Marchal, Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans, 88 p.
- BERGER G.M., 1990** - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Lézignan-Corbières (1038). Notice explicative par G. M. Berger, F. Boyer, J. Rey, avec la collaboration de P. Ambert, P. Freytet, J.-P. Marchal & C. Vautrelle, Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans, 70 p.
- BERGER G.M., DEBAT P., DEMANGE M., ISSARD H., PERRIN M., BOYER P., FREYTET P., & MAZEAS H., 1990** - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Carcassonne (1037). Notice explicative par G. Berger, P. Boyer, M. Debat, M. Demange, P. Freytet, J.P. Marchal, H. Mazéas & C. Vautrelle, Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans, 78 p.
- BERNÉ S., LOUBRIEU B., ÉQUIPE CALMAR, 1997** - Canyons et processus sédimentaires récents sur la marge occidentale du golfe du Lion. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, **328**, 471-477.
- CORNET C., 1975** - Les surfaces d'arasement des Corbières. *Compte rendu sommaire des séances de la Société Géologique de France*, 7-8.
- CORNET C., 1977** - Etude géomorphologique du Minervois (Languedoc Méditerranéen), *Bulletin de l'Association de géographes français*, **445-446**, 223-235.
- ELLENBERGER F., & HOULEZ F., 1964** - Sur une zone de failles néogènes prolongeant la flexure cévenole dans le pays narbonnais. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, **258**, série D, 3526-3529.
- ELLENBERGER F., & GOTTIS M., 1967** - Sur les jeux des failles pliocènes et quaternaires dans l'arrière pays narbonnais. *Revue de géologie dynamique et de géographie physique*, **IX**, 153-159.
- GALANT P., & HOLVOET J.P., 2001** - Contribution à l'étude de la grotte d'Aldène (Cesseras, Hérault). *Spélunca*, **81**, 23-35.
- GENNA A., 1989** - Relations entre tectonique cassante, déformation hydroplastique et circulation de fluide dans l'extrémité Est du bassin éocène de Carcassonne (Essai d'application métallogénique). Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 197 p.
- GENNA A., LENÔTRE N., & CAPDEVILLE J.P., 1997** - Proposition d'un modèle d'inversion tectonique au Plio-Quaternaire dans les Corbières et le Minervois (France). Conséquences morphologiques et hydrologiques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, Sciences de la Terre et des planètes, **325**, 807-813.
- GÈZE B., 1951** - Sur la probabilité d'un gauchissement quaternaire important à la bordure méridionale de la Montagne Noire (Aude-Hérault). *Extrait du 70^{ème} congrès de l'A.F.A.S.*, Tunis, mai 1951, Nicolas Bascone et Sauveur Muscat, imprimeurs, Tunis, 1-3.
- GOTTIS M., LENGUIN M., SELLIER E., & TAVOSO A., 1972** - Hypothèses sur les causes et la chronologie des défluviations dans la gouttière de Carcassonne entre Toulouse et Narbonne. *Bulletin de la Société linnéenne de Bordeaux*, **6**, 125-132.

- HARMAND D., LEJEUNE O., JAILLET S., ALLOUC J., OCCHIETTI S., BRULHET J., DEVOS A., FAUVEL P.J., HAMELIN B., LAURAIN M., LE ROUX J., MARRE A., PONS-BRANCHU E., & QUINIF Y., 2004** - Dynamique de l'érosion dans les Barrois et le Perthois : incision et karstification dans les bassins versants de la Marne, la Saulx et l'Ornain. *Quaternaire*, **15**, 305-318.
- LARUE J.P., 2001** - Tectonique et dynamique fluviale quaternaires : l'exemple de la basse vallée de l'Aude (France). *Quaternaire*, **12**, 169-178.
- LE COZ J., 1967** - Aspects du Quaternaire languedocien : les niveaux de la Cesse et de l'Orbieu (Aude). *Bulletin de la Société languedocienne de géographie*, 127-146.
- LENÔTRE N., THIERRY P., & DELFAU M., 1997** - Current vertical Movements in France (compared levelling). *Terra Nova*, **9**, 242.
- LE ROUX J., & HARMAND D., 1998** - Contrôle morphostructural de l'histoire d'un réseau hydrographique : le site de la capture de la Moselle. *Geodinamica Acta*, **11**, 149-162.
- PHILIP H., 1983** - *La tectonique actuelle et récente. Ses relations avec la sismicité dans le domaine méditerranéen et ses bordures ; évolution du champ de contrainte depuis environ 5 Ma. Définition d'une zonation tectonique*. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 147 p.
- SÉRANNE M., CAMUS H., LUCAZEAU F., BARBARAND J., & QUINIF Y., 2002** - Surrection et érosion polyphasées de la Bordure cévenole. Un exemple de morphogenèse lente. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **173**, 97-112.
- VOGT J., & GODEFROY P., 1981** - *Carte sismotectonique de la France (1/1 000 000)*. Notice explicative, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 36 p.